

DISPERSION COMPENSATION LIGHT TRANSMISSION LINE AND OPTICAL TRANSMISSION SYSTEM

Patent number: JP2002280959

Publication date: 2002-09-27

Inventor: TANAKA HIROHITO; MORITA ITSURO; EDAKAWA NOBORU

Applicant: KDDI SUBMARINE CABLE SYSTEMS INC

Classification:

- international: H04B10/02; H04B10/18

- european:

Application number: JP20010076818 20010316

Priority number(s):

Also published as:



EP1241809 (A1)

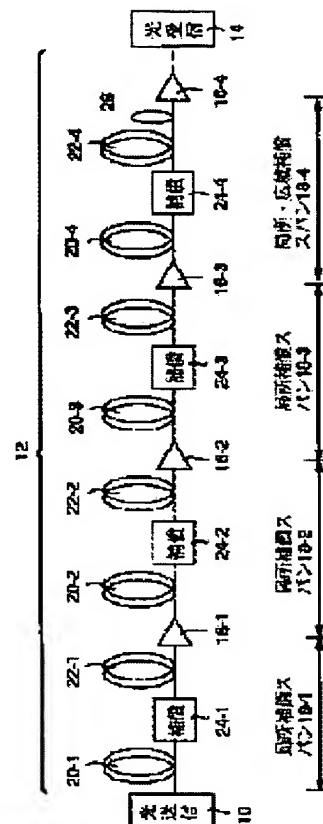


US2002131711 (A1)

Abstract of JP2002280959

PROBLEM TO BE SOLVED: To realize high-speed WDM(wavelength division multiplex) transmission at 20 Gbit/s or higher, for a long distance in excess of 6,000 km.

SOLUTION: A optical transmission line 12 comprises a plurality of relay spans 18-1, 18-2, 18-3, 18-4, etc., divided by optical relay amplifiers 16 (16-1, 16-2, etc.). Each of the relay spans 18-1, 18-2, 18-3, 18-4, etc., comprises large diameter single mode fibers 20 (20-1, 20-2, 20-3, 20-4) with positive dispersion and whose effective cross-section area is $100 \mu m^2$ or larger, large diameter single mode fibers 22 (22-1, 22-2, 22-3, 22-4) similarly with positive dispersion and whose effective cross-sectional area is $100 \mu m^2$ or larger, and dispersion compensation devices 24 (24-1, 24-2, 24-3, 24-4) that are placed between the fibers 20 and 22 to compensate the accumulated wavelength dispersion and a dispersion slope. The relay span 18-4 is provided with a dispersion compensation fiber 26, that is placed after the single mode fiber 22-4 and compensates for the accumulated wavelength dispersion to be a value, corresponding to an average wavelength dispersion D_a for a broadband compensation period.



Data supplied from the esp@cenet database - Patent Abstracts of Japan

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-280959

(P2002-280959A)

(43) 公開日 平成14年9月27日 (2002.9.27)

(51) Int.Cl.⁷

H 0 4 B 10/02
10/18

識別記号

F I

H 0 4 B 9/00

テ-マ-ト* (参考)

M 5 K 0 0 2

審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2001-76818(P2001-76818)

(22) 出願日 平成13年3月16日 (2001.3.16)

(71) 出願人 595162345

ケイディディアイ海底ケーブルシステム株式会社

東京都新宿区西新宿3丁目7番1号

(72) 発明者 田中 啓仁

埼玉県上福岡市大原二丁目1番15号株式会社ケイディディ研究所内

(72) 発明者 森田 逸郎

埼玉県上福岡市大原二丁目1番15号株式会社ケイディディ研究所内

(74) 代理人 100090284

弁理士 田中 常雄

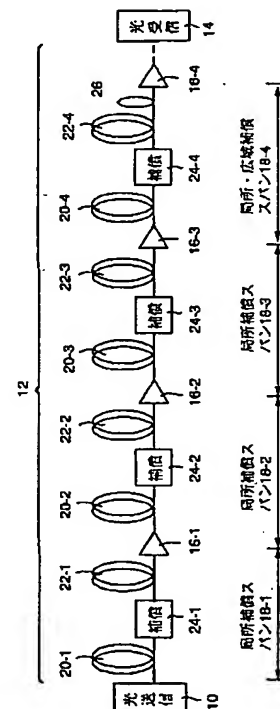
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 分散補償光伝送路及び光伝送システム

(57) 【要約】

【課題】 6000kmを越える長距離で、20Gb/s以上の高速WDM伝送を実現する。

【解決手段】 光伝送路12は、光中継増幅器16(16-1, 16-2, ...)により区分される複数の中継スパン18-1, 18-2, 18-3, 18-4, ...からなる。各中継スパン18-1, 18-2, 18-3, 18-4は、正分散で実効断面積が100平方μm以上の大口径のシングルモードファイバ20(20-1, 20-2, 20-3, 20-4)と、同様に、正分散で実効断面積が100平方μm以上の大口径のシングルモードファイバ22(22-1, 22-2, 22-3, 22-4)と、ファイバ20, 22間に配置され、ファイバ20, 22の累積波長分散及び分散スロープを補償する分散補償デバイス24(24-1, 24-2, 24-3, 24-4)からなる。中継スパン18-4は更に、シングルモードファイバ22-4の後に配置され、累積波長分散を広域補償周期での平均波長分散Davgに相当する値に補償する分散補償ファイバ26を具備する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 1. $3\mu\text{m}$ 帯で波長分散がゼロとなる光ファイバからなる第 1 の光ファイバと、

1. $3\mu\text{m}$ 帯で波長分散がゼロとなる光ファイバからなる第 2 の光ファイバと、

当該第 1 の光ファイバと第 2 の光ファイバの間に配置される実質的に線形の光デバイスであって、当該第 1 及び第 2 の光ファイバの波長分散及び分散スロープを補償する分散・分散スロープ補償デバイスとを具備することを特徴とする分散補償光伝送路。

【請求項 2】 当該第 1 及び第 2 の光ファイバが実質的に同じ構成の光ファイバからなる請求項 1 に記載の分散補償光伝送路。

【請求項 3】 当該分散・分散スロープ補償デバイスが、誘電体多層膜を使用するオールパスフィルタからなる請求項 1 に記載の分散補償光伝送路。

【請求項 4】 複数の中継スパンと、所定周期で配置され、累積波長分散を補償する 1 以上の分散補償デバイスとを具備する分散補償光伝送路であって、

当該複数の中継スパンのそれぞれが、

1. $3\mu\text{m}$ 帯で波長分散がゼロとなる光ファイバからなる第 1 及び第 2 の光ファイバと、

当該第 1 及び第 2 の光ファイバの間に配置される実質的に線形の光デバイスであって、当該第 1 及び第 2 の光ファイバの波長分散及び分散スロープを補償する分散・分散スロープ補償デバイスとを具備することを特徴とする分散補償光伝送路。

【請求項 5】 当該第 1 及び第 2 の光ファイバが実質的に同じ構成の光ファイバからなる請求項 4 に記載の分散補償光伝送路。

【請求項 6】 当該分散・分散スロープ補償デバイスが、誘電体多層膜を使用するオールパスフィルタからなる請求項 4 に記載の分散補償光伝送路。

【請求項 7】 光伝送路と、

当該光伝送路に WDM 信号光を出力する光送信装置と、当該光伝送路から入力する当該 WDM 信号光を受信する光受信装置とからなる光伝送システムであって、当該光伝送路が、1. $3\mu\text{m}$ 帯で波長分散がゼロとなる光ファイバからなる第 1 の光ファイバ、1. $3\mu\text{m}$ 帯で波長分散がゼロとなる光ファイバからなる第 2 の光ファイバ、及び当該第 1 の光ファイバと第 2 の光ファイバの間に配置される実質的に線形の光デバイスであって、当該第 1 及び第 2 の光ファイバの波長分散及び分散スロープを補償する分散・分散スロープ補償デバイスをそれぞれ具備する複数の中継スパンを有することを特徴とする光伝送システム。

【請求項 8】 当該第 1 及び第 2 の光ファイバが実質的に同じ構成の光ファイバからなる請求項 7 に記載の光伝送システム。

【請求項 9】 当該分散・分散スロープ補償デバイス

が、誘電体多層膜を使用するオールパスフィルタからなる請求項 7 に記載の光伝送システム。

【請求項 10】 光伝送路と、

当該光伝送路に WDM 信号光を出力する光送信装置と、当該光伝送路から入力する当該 WDM 信号光を受信する光受信装置とからなることを特徴とする光伝送システムであって、当該光伝送路が、

1. $3\mu\text{m}$ 帯で波長分散がゼロとなる光ファイバからなる第 1 及び第 2 の光ファイバ、及び当該第 1 及び第 2 の光ファイバの間に配置される実質的に線形の光デバイスであって、当該第 1 及び第 2 の光ファイバの波長分散及び分散スロープを補償する分散・分散スロープ補償デバイスをそれぞれ有する複数の中継スパンと、

所定周期で配置され、累積波長分散を補償する 1 以上の分散補償デバイスとを具備することを特徴とする光伝送システム。

【請求項 11】 当該第 1 及び第 2 の光ファイバが実質的に同じ構成の光ファイバからなる請求項 10 に記載の光伝送システム。

【請求項 12】 当該分散・分散スロープ補償デバイスが、誘電体多層膜を使用するオールパスフィルタからなる請求項 10 に記載の光伝送システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、分散補償光伝送路及び光伝送システムに関し、より具体的には、波長多重分割多重 (WDM) 信号光の長距離伝送を可能にする分散補償光伝送路及び光伝送システムに関する。

【0002】

【従来の技術】光アンプを使用する光ファイバ伝送システムでは、光ファイバで発生する波長分散及び非線形効果、並びに光アンプで発生する ASE 雑音光が伝送距離に従い累積する。それゆえ、国内伝送に適用される ~1000 km の光伝送システム (以下、短距離伝送システムと呼ぶ。) と、大洋横断に使用される 6000 km 以上の光伝送システム (以下、長距離伝送システムと呼ぶ。) とでは、必要な設計パラメータが大きく異なる。

【0003】長距離の光増幅伝送システムでは、累積波長分散を所定値内に抑制する必要がある、WDM 光伝送では更に、各信号光間の XPM (相互位相変調) 及び FWM (4 光子混合) などの非線形効果を抑圧する必要がある。累積波長分散を管理する方式として、適当な間隔で分散補償ファイバを挿入する構成が、当初、提案された (特開平 6-11620 号公報又は米国特許第 5,361,319 号)。

【0004】伝送容量を拡大する方法として注目されている波長分割多重 (WDM) 光伝送では更に、伝送用光ファイバの波長分散の波長間の差 (分散スロープ) を補償する必要がある。長距離伝送の場合には、光伝送路上で分散スロープを補償する必要がある。許容できる分散

値の差は、1波あたりの伝送速度が大きくなるにつれ小さくなる傾向にある。

【0005】そこで、各光中継スパンを、 $1.3\mu\text{m}$ 帯にゼロ分散波長を有する単一モード光ファイバと、その波長分散及び分散スロープの両方を補償する分散・分散スロープ補償ファイバとで構成した光伝送システムが提案された。例えば、特開平6-11620号公報又は米国特許第5,361,319号、D. Le Guen et al., "Narrow Band 640 Gbit/s Soliton WDM transmission over 1200 km of Standard Fibre with 100 km 21 dB Amplifier Spans", ECOC '98, September 1998, Postdeadline papers, pp. 61-63及びT. Tanaka et al. "2.1-Tbit/s WDM Transmission over 7,221 km with 80-km repeater", ECOC2000-PD1.7, 2000を参照されたい。

【0006】本明細書では、 $1.3\mu\text{m}$ 帯に零分散波長を有するシングルモードファイバを単にシングルモードファイバと呼び、 $1.5\mu\text{m}$ 帯に零分散波長を有するシングルモードファイバを分散シフトファイバと呼ぶ。

【0007】現状では、実効断面積が $110\mu\text{m}^2$ のシングルモードファイバと分散・分散スロープ補償ファイバには、実効断面積が $15\sim 30\mu\text{m}^2$ の分散・分散スロープ補償ファイバの組み合わせで、WDM伝送技術を併用することより、大洋横断距離における10 Gbit/s ベースのテラビット伝送システムが設計、実現されつつある。

【0008】波長分散をより細かく管理する分散補償伝送路として1中継スパン毎の分散・分散スロープ補償と、広域的な分散・分散スロープ補償を組み合わせた方式が、提案されている（特開2000-261377号公報）。

【0009】光伝送路の波長分散を均一化しつつ、累積波長分散を低減する分散補償方式として、1中継スパン内で分散補償ファイバを中央に配置する構成が、2000 kmの 16×40 WDM伝送システムとして提案されている（Itsuro Morita他, "40 GBT/S \times 16 WDM TRANSMISSION OVER 2000 KM USING DISPERSION MANAGED LOW-NONLINEAR FIBER SPAN", ICOC2000, 4, 25-27）。しかし、この方式では、10 kmの正分散ファイバの間に20 kmの負分散の分散・分散スロープ補償ファイバを配置しており、6000 km以上の長距離伝送には、良好な伝送特性を得られない。

【0010】1波長あたりの伝送速度が20 Gbit/s

s以上であるような高速長距離伝送システムでは、伝送用ファイバとして分散シフトファイバが有力視されている。それは、シングルモードファイバの信号波長帯

($1.55\mu\text{m}$)での波長分散値が約 20ps/nm/km と大きく、累積波長分散によるパルス広がりや非線形効果との相互作用により伝送特性が劣化しやすいのに対し、分散シフトファイバの信号波長帯での波長分散値を約 5ps/nm/km 乃至 -2ps/nm/km と小さく、累積波長分散によるパルス広がりや非線形効果との相互作用による伝送特性の劣化が相対的に小さいからである。例えば、特願平10-194379及びI. Morita et al., "40 Gbit/s single-channel soliton transmission over transoceanic distance by reducing Gordon-Haus timing jitter and soliton-soliton interaction", Journal of Lightwave Technologies, 1999, 17, p. 2506を参照されたい。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】分散シフトファイバの波長分散及び分散スロープとは逆の波長分散及び分散スロープを具備する光ファイバを製造するのが困難であるので、現状では、分散シフトファイバと組み合わせて使用できる分散・分散スロープ補償ファイバは実用化されていない。従って、実用的なシステム構成では、WDM信号光を各波長光に分離して個別に分散・分散スロープを補償し、その後、合波するという分散補償デバイスを使用することになる（M. Suzuki et al., "20 Gbit/s-based soliton WDM transmission over Transoceanic distances using periodic compensation of dispersion and its slope", Electron. Lett., vol. 34, 1997, pp. 475-476、及びH. Taga et al., "213 Gbit/s ($20\times 10.66\text{ Gbit/s}$), over 9000 km Transmission Experiment using Dispersion Slope Compensator"; OFC'98 PD13）。

【0012】上記のように、従来の方式では伝送距離を更に延伸することは困難であり、これらの光ファイバ及び光部品を組み合わせても、大洋横断及びコースト・ツー・コーストのような長距離のWDM光伝送は、不可能とされていた。

【0013】本発明は、6000 kmを超える長距離にわたり、20 Gbit/s以上の伝送レートでWDM信号光を伝送可能な分散補償光伝送路及び光伝送システム

を提示することを目的とする。

【0014】

【課題を解決するための手段】本発明に係る分散補償光伝送路は、1.3 μm 帯で波長分散がゼロとなる光ファイバからなる第1の光ファイバと、1.3 μm 帯で波長分散がゼロとなる光ファイバからなる第2の光ファイバと、当該第1の光ファイバと第2の光ファイバの間に配置される実質的に線形の光デバイスであって、当該第1及び第2の光ファイバの波長分散及び分散スロープを補償する分散・分散スロープ補償デバイスとを具備することを特徴とする。

【0015】本発明に係る分散補償光伝送路はまた、複数の中継スパンと、所定周期で配置され、累積波長分散を補償する1以上の分散補償デバイスとを具備する分散補償光伝送路であって、当該複数の中継スパンのそれぞれが、1.3 μm 帯で波長分散がゼロとなる光ファイバからなる第1及び第2の光ファイバと、当該第1及び第2の光ファイバの間に配置される実質的に線形の光デバイスであって、当該第1及び第2の光ファイバの波長分散及び分散スロープを補償する分散・分散スロープ補償デバイスとを具備することを特徴とする。

【0016】本発明に係る光伝送システムは、光伝送路と、当該光伝送路にWDM信号光を出力する光送信装置と、当該光伝送路から入力する当該WDM信号光を受信する光受信装置とからなる光伝送システムであって、当該光伝送路が、1.3 μm 帯で波長分散がゼロとなる光ファイバからなる第1の光ファイバ、1.3 μm 帯で波長分散がゼロとなる光ファイバからなる第2の光ファイバ、及び当該第1の光ファイバと第2の光ファイバの間に配置される実質的に線形の光デバイスであって、当該第1及び第2の光ファイバの波長分散及び分散スロープを補償する分散・分散スロープ補償デバイスをそれぞれ具備する複数の中継スパンを有することを特徴とする。

【0017】本発明に係る光伝送システムはまた、光伝送路と、当該光伝送路にWDM信号光を出力する光送信装置と、当該光伝送路から入力する当該WDM信号光を受信する光受信装置とからなる光伝送システムであって、当該光伝送路が、1.3 μm 帯で波長分散がゼロとなる光ファイバからなる第1及び第2の光ファイバ、及び当該第1及び第2の光ファイバの間に配置される実質的に線形の光デバイスであって、当該第1及び第2の光ファイバの波長分散及び分散スロープを補償する分散・分散スロープ補償デバイスをそれぞれ有する複数の中継スパンと、所定周期で配置され、累積波長分散を補償する1以上の分散補償デバイスとを具備することを特徴とする。

【0018】主たる伝送用光ファイバとして高波長分散で大口径なシングルモードファイバを用い、中継スパン内でその高波長分散及び分散スロープを実質的に線形の分散・分散スロープ補償デバイスで補償するので、総合

的に高いQファクタで、長距離で安定且つ高速なWDM伝送を実現できる。

【0019】

【実施例】以下、図面を参照して、本発明の実施例を詳細に説明する。

【0020】10は、1.55 μm 帯のWDM信号光を光伝送路12に出力する光送信装置、14は光伝送路12を伝搬したWDM信号光を受信する光受信装置である。WDM信号光は、例えば、それぞれ異なる波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ の信号光からなる。

【0021】光伝送路12は、光中継増幅器16（16-1, 16-2, ...）により区分される複数の中継スパン18（18-1, 18-2, 18-3, 18-4, ...）からなる。本実施例では、累積波長分散と分散スロープが、1中継スパン毎に局所的に補償されると共に、所定数の中継スパン毎に広域的に補償される。局所的に分散・分散スロープを補償する中継スパンを局所補償スパンと呼ぶ。局所的に分散・分散スロープを補償すると共に、広域的に分散・分散スロープを補償する中継スパンを局所・広域補償スパンと呼ぶ。中継スパン18-1, 18-2, 18-3が局所補償スパンであり、中継スパン18-4が局所・広域補償スパンである。

【0022】図1に示す構成では、各中継スパン18で局所的に分散・分散スロープを補償し、4つの中継スパン18-1~18-4を基本単位として広域的に波長分散及び分散スロープを補償する。これが、光受信装置14まで繰り返されることになる。広域補償の周期は、4中継スパンに限らず、5中継スパン以上でも、3中継スパン以下でも良い。実際上は、5中継スパン以上が妥当である。

【0023】各中継スパン18-1, 18-2, 18-3, 18-4は、正分散で実効断面積が100平方 μm^2 以上の大口径のシングルモードファイバ20（20-1, 20-2, 20-3, 20-4）と、同様に、正分散で実効断面積が100平方 μm^2 以上の大口径のシングルモードファイバ22（22-1, 22-2, 22-3, 22-4）と、ファイバ20, 22間に配置され、ファイバ20, 22の累積波長分散及び分散スロープを補償してLocalにする分散補償デバイス24（24-1, 24-2, 24-3, 24-4）からなる。

【0024】中継スパン18-4は更に、シングルモードファイバ22-4の後に配置され、累積波長分散を広域補償周期での平均波長分散 D_{avg} に相当する値に補償する分散補償ファイバ26を具備する。分散補償ファイバ26は、後段の光アンプ内に組み込まれることもある。分散補償ファイバ26の代わりに、分散補償デバイス24と同様の構成の分散補償デバイスを使用してもよい。

【0025】ファイバ20, 22には、同じ実効断面積

及び分散特性のシングルモードファイバを使用し得る。従って、本実施例では、伝送用光ファイバとして、ファイバ20、22として使用する光ファイバと、分散補償ファイバ26として使用する光ファイバの2種類を用意すればよいことになる。分散補償ファイバ26に誘電体多層膜などの非ファイバ系の光学素子を使用する場合には、伝送用光ファイバとして1種類の光ファイバを用意すればよい。

【0026】分散補償デバイス24は、分散・分散スロープを補償しつつ、入力光のパワーに対して線形に作用する線形光学素子からなる。このような光学素子には、例えば、誘電体多層膜を用いたオールパスフィルタがある。オールパスフィルタでは、分散及び分散スロープの補償量を広い範囲で自由に設定できる。デバイス22は、非線形効果を実質的に有しないので、このデバイス24での非線形効果、従って、XPM及びFWMの影響を考慮しなくて良くなる。誘電体多層膜では、得られる分散補償量に比べて光路長が極めて短いので、累積波長分散が波長間で等しくなる場合でも、波長チャネル間の相互作用長が極めて短くなる。これは、個々の波長チャネルの伝送特性の改善につながる。このような光学素子として、他に、グレーティングデバイスなどの光回路素子もある。

【0027】図2は、本実施例の分散マップを示す。本実施例では、局所分散補償により、中継スパン毎の平均波長分散をD l o c a lに制御し、広域補償周期の分散補償ファイバ26により光伝送路12全体での平均波長分散をD a v gに制御する。例えば、D l o c a lは、ある程度、大きな正值が好ましく、D a v gはゼロではないが、ゼロに近い正值又は負値が好ましい。例えば、D l o c a lは $+0.5 \text{ ps/nm/km}$ 、D a v gは $+0.1 \text{ ps/nm/km}$ である。

【0028】図2に示すように、各波長の累積波長分散は、非線形作用を有しない分散補償デバイス24内で等しくなる。従って、XPM及びFWM等の伝送特性劣化要因が無くなる。短い伝搬距離で大きな分散補償量を設定できるので、仮にわずかな非線形性があっても、相互作用距離が短くなり、結局、非線形作用を無視できる。

【0029】本実施例では、大きな補償分散量を得られる分散補償デバイス24を使用することで、波長分散値の大きなシングルモードファイバを主たる光伝送媒体として使用できる。また、実効断面積の大きなシングルモードファイバを主たる伝送路とし、実質的に線形の分散補償デバイス24を使用するので、各中継スパン18での非線形作用が極く小さくなる。局所・広域中継スパン18-4の分散補償ファイバは実効断面積が小さいが、信号光パワーが小さいので、そこで発生する非線形効果も小さい。従って、本実施例では、非線形光が極めて小さい光伝送路を実現できる。伝送レートが増加するほ

ど、平均信号光パワーが増大するので、実効断面積の大きいファイバを使用することは、光パワー密度を下げることにつながり、その結果、非線形作用を低減できる。

【0030】光送信装置10は、WDM信号を出力する信号光発生装置と、信号光発生装置の出力光にD a v gと逆の符号を有する波長分散値を与えて、光伝送路12に送出するプリ分散補償素子を具備する。光受信装置14は、光伝送路12から入力するWDM信号光に残る波長分散を補償するポスト分散補償素子と、ポスト分散補償素子により分散補償されたWDM信号光から個々の信号光を検出する信号光検出装置を具備する。ポスト分散補償素子は、WDM信号光の累積波長分散をまとめて補償しても、個々の信号光に分離した後で個別に累積波長分散を補償してもよい。ポスト分散補償により、光伝送路12中の分散及び分散スロープ補償設計値からの誤差分を吸収できる。

【0031】光送信装置10内でプリ分散補償を行うことにより、位相変調と同様の効果を享受できるので、光送信装置10に位相変調器を設けなくてもよくなるか、位相変調器が必要な場合にも位相変調度を小さくすることができる。プリ分散補償により、光伝送路12中における最大累積波長分散値を低減できる。これは、大洋間のような長距離又は超長距離の光伝送システムで特に有効である。

【0032】図3は、中継スパン18-1における分散マップの拡大図を示す。横軸は距離を示し、縦軸は累積波長分散を示す。理解を容易にするため、分散補償デバイス24の部分の距離を拡大して図示してある。

【0033】シングルモードファイバ22-4の出力では、理想的には分散スロープはゼロになっている。分散補償ファイバ26は、各波長チャネルの累積波長分散を平均波長分散D a v gに相当する値に補償する。理想的には、分散補償ファイバ26は、各波長の信号光に波長に依存しない一定の波長分散を与える。実際には、分散補償ファイバ26は、わずかながら分散スロープを具備するものの、実用システムではその長さが1~3km程度と短いので、分散補償ファイバ26での累積波長分散の波長間の差は、無視できる。勿論、誘電体多層膜等を使用することで、波長依存性の無い分散補償は実現可能である。

【0034】局所補償スパン内での分散補償デバイス24の好ましい位置を調べた。その結果を図4に示す。縦軸は、分散補償デバイス24を局所補償スパン内の端においたおきのQ値からの相対値を示す。横軸は、局所補償スパン内での分散補償デバイス24の位置を局所補償スパンの距離で規格化した値を示す。例えば、0は分散補償デバイス24に相当するデバイスの中継スパンの信号光入力端に置いた場合を示し、1は逆に、中継スパンの出力端に置いた場合を示す。また、0.5は分散補償デバイス24が局所補償スパンの中央に配置されてい

ることを示し、0.75は分散補償デバイス24が局所補償スパンの3/4の位置に配置されていることを示す。図4から、分散補償デバイス24を中央付近に配置すればよいことが分かる。しかも、太平洋横断伝送のような超長距離システムでは、両端に分散補償デバイスを配置した場合に比べて約5dB改善している。これは非常に大きな効果である。

【0035】実際に、23Gbit/sの50波長の信号光を波長多重し、6,000km伝送を数値シミュレーションして、その伝送特性を調べた。その結果を図5に示す。上述のMorita論文の構成で6000km伝送した場合の伝送特性を比較例とした。同時に、シングルモードファイバ20,22の実効断面積の影響を調べた。縦軸はQ値の差を示し、横軸はシングルモードファイバ20,22の実効断面積を示す。1中継スパンを40kmとし、その中央部(20km)に分散及び分散スロープ補償デバイス24を挿入し、Dlocalを+0.5ps/nm/kmとした。また、4中継スパンを広域補償周期として、その中の最後の光中継スパンの光増幅器内に分散補償ファイバ26を挿入し、Davgを+0.1ps/nm/kmとした。光送信装置10内のプリ分散補償素子によるプリ分散補償量を-300ps/nm/kmとした。シングルモードファイバ20,22は、波長分散値が+20ps/nm/km、分散スロープが+0.06ps/nm/kmの光ファイバからなる。Morita論文の構成の場合と比較すると、5dB以上の改善を確認できた。シングルモードファイバ20,22の実効断面積を120平方μm以上にすると、更に、伝送特性が改善される。

【0036】本実施例では、伝送用光ファイバとして大口径のものを得やすいシングルモードファイバを使用するので、WDM信号の各波長間の相互作用を短縮でき、XPMの影響を抑圧できる。シングルモードファイバの大きな波長分散を補償するのに分散・分散スロープ補償ファイバを使用すると、その実効断面積が15~30平方μmと非常に小さいので、この部分で非線形作用が大きくなってしまふ。本実施例では、非線形作用を実質的に具備しない分散補償デバイス24を使用するので、分散補償デバイス24での非線形効果を無視できる。これらの結果、6000kmを越える長距離に亘り20Gbit/s以上の高速WDM信号を安定に伝送できる光伝送路及び光伝送システムを実現できる。

【0037】局所補償スパン及び広域補償スパンの何れ

においても、分散スロープをゼロにしているのは、理想的な状況であり、必ずしも分散スロープをゼロにしなければならないものではない。波長間の累積波長分散の差は、光伝送路12の全体として許容される誤差内に入っていればよい。

【0038】分散補償デバイス24は、単体の光素子からなるのが好ましいが、複数の光素子を組み合わせたものであってもよい。後者の場合、複数の光素子を分離して局所補償スパン内に配置すればよい。

【0039】伝送システム全体での平均波長分散値Davg及び各中継スパンでの平均波長分散値Dlocalが共に正となる場合を説明したが、本発明は、Davg及びDlocalが正及び負の何れの値を取る場合にも適用できる。

【0040】

【発明の効果】以上の説明から容易に理解できるように、本発明によれば、チャネル速度が20Gbit/s以上で、総伝送容量が1Tb/s以上の大洋横断長距離の光ファイバ伝送システムを実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の一実施例の概略構成ブロック図である。

【図2】 本実施例の分散マップ例である。

【図3】 局所補償スパン内の分散マップ例である。

【図4】 局所補償スパン内での分散補償デバイス24の位置に対する伝送特性の変化の測定結果である。

【図5】 Morita論文の構成に対する本実施例の改善効果を示す図である。

【符号の説明】

10：光送信装置

12：光伝送路

14：光受信装置

16(16-1, 16-2, ...)：光中継増幅器

18(18-1, 18-2, 18-3, 18-4)：中継スパン

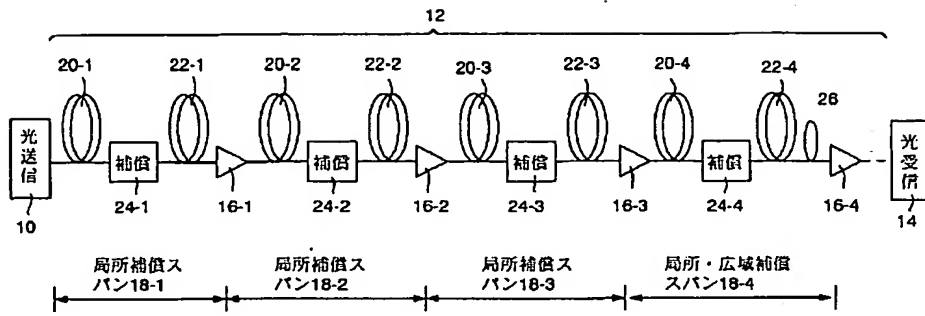
20(20-1, 20-2, 20-3, 20-4)：シングルモードファイバ

22(22-1, 22-2, 22-3, 22-4)：シングルモードファイバ

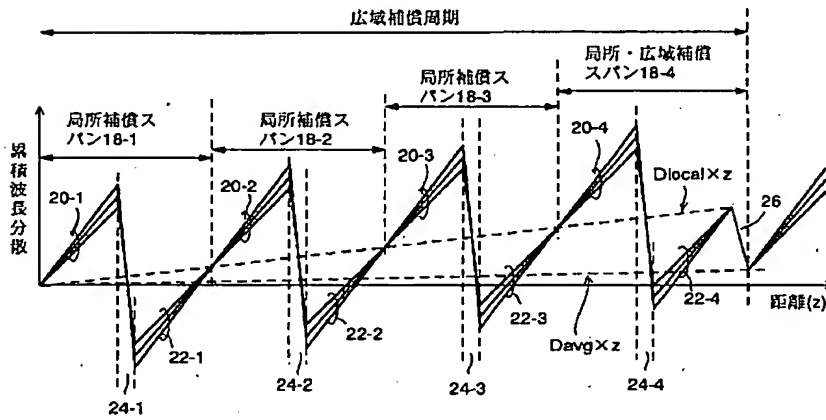
24(24-1, 24-2, 24-3, 24-4)：分散補償デバイス

26：分散補償ファイバ

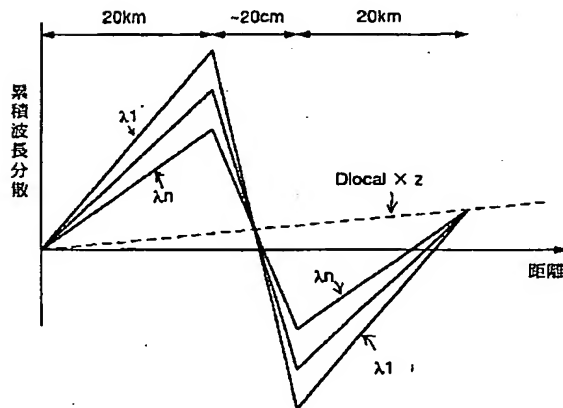
【図 1】



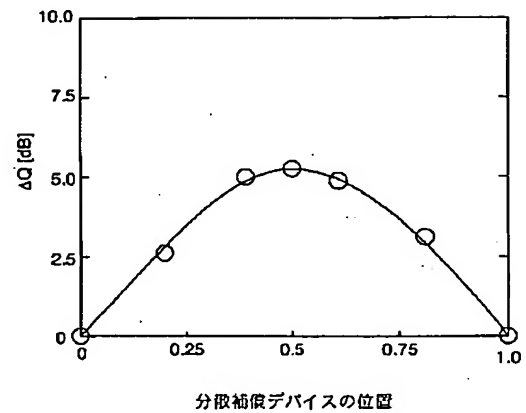
【図 2】



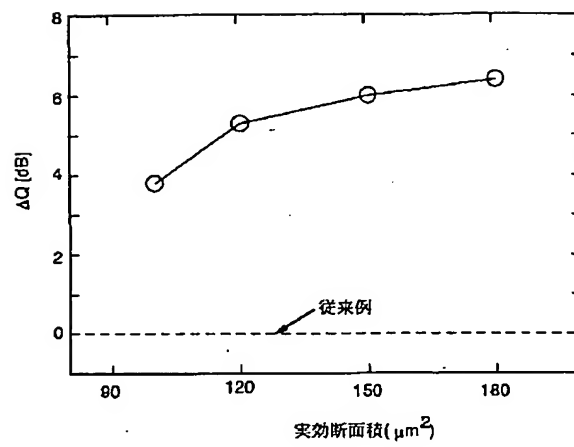
【図 3】



【図 4】



【図5】



フロントページの続き

(72)発明者 枝川 登
埼玉県上福岡市大原二丁目1番15号株式会
社ケイディディ研究所内

Fターム(参考) 5K002 AA01 AA03 AA06 BA33 DA02
FA01